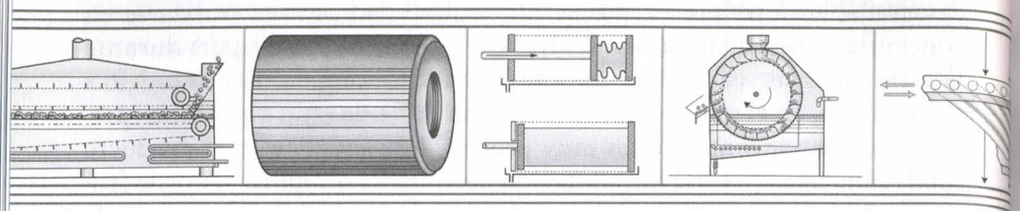
4



Operaciones preliminares

4.1. DEFINICIÓN

Las operaciones preliminares del procesamiento de frutas y hortalizas son todas aquellas que, independientemente del producto final que se desea obtener, suelen realizarse antes del proceso específico. Desde luego, el orden y la manera en que cada una de estas operaciones se lleva a cabo varían según la especie, su procedencia y el producto final al que será destinada; incluso en algunos casos puede prescindirse de alguna de estas operaciones. Entre las operaciones preliminares del procesamiento de frutas y hortalizas se consideran:

- La recepción de la materia prima.
- La limpieza.
- La selección y clasificación.
- El pelado.
- La reducción de tamaño.
- El escaldado.

4.2. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El arribo de la materia prima a la planta procesadora siempre va acompañado de un registro de la procedencia y las características de calidad de aquélla. La alimentación de la materia prima a la línea de proceso puede realizarse manual o mecánicamente, de manera húmeda o en seco; la primera se emplea en productos que son muy sensibles a los daños mecánicos y la alimentación en seco se realiza con productos resistentes. En el caso del vaciado mecánico, la altura, inclinación y velocidad de vaciado se controlan de acuerdo con el tipo de producto. Muchos productos, al llegar al área de recepción de la planta, requieren algún tratamiento especial para separar la porción comestible o deseada, por ejemplo, los chícharos y la piña.

4.3. LIMPIEZA

La limpieza de la materia prima tiene las siguientes finalidades:

a) Eliminación de contaminantes, que constituyen un peligro para la salud o que son estéticamente desagradables.
b) Control de la carga microbiana, que repercute en la eficacia del proceso térmico y en la calidad del producto final.

A continuación se mencionan algunos contaminantes que pueden encontrarse en las frutas y hortalizas que entran como materia prima a una planta procesadora:

- Minerales: tierra, arena, piedras, partículas metálicas, aceite.
- Plantas: ramas, hojas, tallos, cáscaras.
- Animales: huevos de insecto, larvas, excreciones.
- Productos químicos: residuos fitosanitarios, fertilizantes.
- Microbios: microorganismos y subproductos.

Una operación eficiente de limpieza debe:

- Permitir la mayor separación de contaminantes con el mínimo desperdicio del producto.
- Evitar la recontaminación del producto limpio.

- Dejar la superficie del producto en estado aceptable, es decir, sin lesiones.
- Utilizar la menor cantidad posible de agua, detergentes y desinfectantes.

La limpieza de frutas y hortalizas puede llevarse a cabo por dos métodos: limpieza en seco y limpieza en húmedo.

4.3.1. Limpieza en seco

La limpieza en seco de frutas y hortalizas puede efectuarse mediante diversos métodos que incluyen tamizado, cepillado, aspirado y separación magnética. Entre las ventajas de la limpieza en seco sobresale que es relativamente barata y que la superficie de la fruta u hortaliza permanece seca. Sin embargo, tiene la desventaja de que no es muy efectiva como único método de limpieza.

El tamizado es una operación de separación que remueve contaminantes de diferente tamaño (mayores o menores que las materias primas) mediante el paso de las partículas más pequeñas a través de tamices o mallas con perforaciones de determinadas dimensiones. Existen muchos diseños de tamices: de tambor rotatorio, de lecho plano, etc. Es preciso advertir que su uso como método de limpieza en seco está restringido por los siguientes factores:

- La materia prima debe soportar la operación, ya que ésta puede maltratar aquellas frutas u hortalizas de consistencia poco firme.
- El método funciona sólo cuando la parte más fina por separar (que puede ser el contaminante o la materia prima) es esférica o puede pasar a través de las perforaciones de la malla.

He aquí algunos ejemplos en los que puede utilizarse el tamizado para efectuar la limpieza en seco:

- Para la eliminación de ramas, hojas, pedúnculos, cuerdas de los costales provenientes del campo, etc., en frutas como limones y naranjas u hortalizas como cebolla (en este caso la parte más fina es la fruta u hortaliza).
- Para separar polvo y tierra en zanahoria, papa, etc. (en este caso la parte más fina es el contaminante).

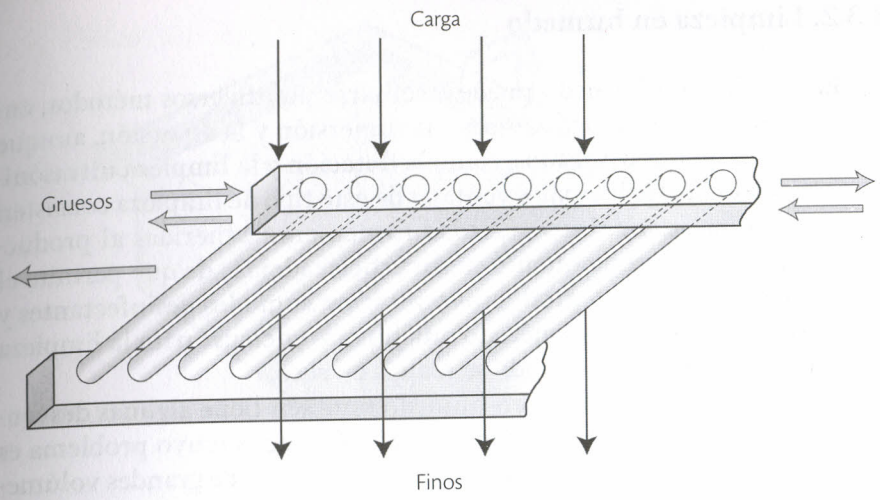


Figura 4.1. Tamiz vibratorio de lecho plano para la limpieza en seco de frutas y hortalizas.

La figura 4.1 muestra el diagrama de un tamiz de lecho plano.

El cepillado consiste en pasar la materia prima a través de cepillos rotatorios que faciliten la separación de contaminantes fuertemente adheridos a la materia prima. Al igual que el tamizado, este método puede maltratar las materias primas muy suaves. Es común utilizar el cepillado cuando la materia prima posee una superficie firme o debe almacenarse por un tiempo antes de su procesamiento y no se desea humedecerla.

La limpieza por aspiración se ha aplicado más en granos y semillas que en frutas y hortalizas, donde pequeñas partículas de polvo, cascarillas, granos rotos, etc., pueden separarse de la materia prima por aspiración aunque también se ha utilizado para la limpieza de nueces y cacahuates, entre otros.

La separación magnética puede ser tan sencilla como hacer pasar la materia prima por una banda transportadora, en cuyas monturas inferiores se colocan uno o varios imanes. Este método tiene la finalidad de eliminar partículas metálicas cuya presencia es común sobre todo cuando se usan cosechadoras mecánicas o transportación de la materia prima en contenedores metálicos. Un ejemplo de su uso es en las aceitunas.

4.3.2. Limpieza en húmedo

La limpieza en húmedo puede efectuarse por diversos métodos, entre los cuales resultan más comunes la inmersión y la aspersión, aunque existen otros menos utilizados, como la flotación y la limpieza ultrasónica, entre otros. Las principales ventajas de este tipo de limpieza consisten en que elimina partículas y suciedad firmemente adheridas al producto, sin maltratar excesivamente su superficie, además de que permite el empleo de detergentes y productos sanitarios, como los desinfectantes y otros, lo cual vuelve dicho método mucho más eficiente para la limpieza de la materia prima que cuando se realiza en seco.

Sin embargo, la limpieza en húmedo también tiene algunas desventajas, como el empleo de grandes cantidades de agua (cuyo problema es no sólo el costo del agua, sino también la producción de grandes volúmenes de efluentes que normalmente exigen un tratamiento previo a su eliminación final), así como el hecho de que deja humedad en la superficie de la materia prima, por lo que en ocasiones es necesario secar antes las frutas y hortalizas para su almacenamiento y procesamiento ya que las superficies húmedas se alteran con rapidez.

El lavado por inmersión es el método más simple de limpieza húmeda; se emplea a menudo como paso previo a otros métodos de lavado (como aspersión) o incluso como una forma adecuada de recibir la materia prima de los grandes contenedores e introducirla a la línea de procesamiento, sin ocasionarle daños físicos por golpeo. Para el lavado por inmersión, se utilizan tinas o depósitos de metal, cemento liso u otros materiales que permitan una adecuada limpieza y desinfección, provistos de rejillas laterales a través de las cuales se elimina la suciedad, así como rejillas en el fondo para la eliminación de lodo y piedras. En la figura 4.2 se muestra una tina de lavado por inmersión para frutas y hortalizas.

Con objeto de obtener mejores resultados durante el lavado por inmersión, es importante utilizar agua clorada (6 ppm) y efectuar un recambio frecuente del agua de inmersión. La eficiencia del lavado por inmersión puede mejorarse mediante las siguientes acciones:

- Agitación, ya sea del agua (mediante agitadores de hélice) o bien del producto dentro de la tina (utilizando paletas o tambores giratorios), aunque estos procedimientos llegan a deteriorar algunas materias primas delicadas. La agitación también puede producirse introduciendo aire comprimido al depósito, lo cual se ha utilizado para algunas frutas y hortalizas delicadas, como fresas, espárragos, etcétera.

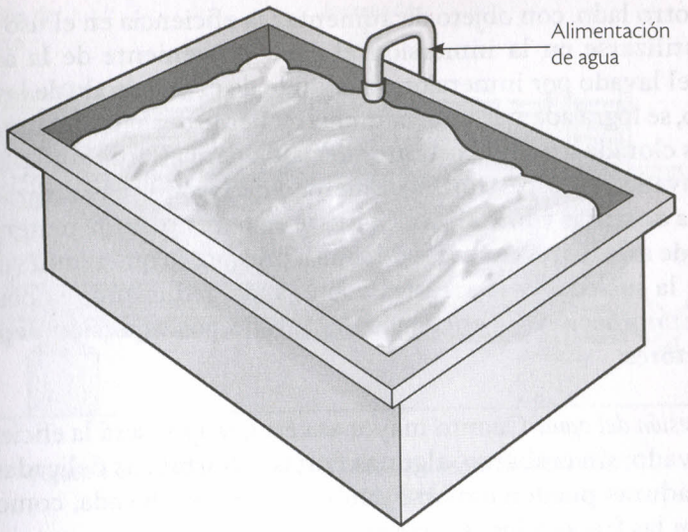


Figura 4.2. Tina de lavado por inmersión para frutas y hortalizas.

- Cepillado de materia prima dentro de la tina de inmersión, cuando la firmeza de aquélla lo soporte.
- Utilización de agua caliente, aunque esto acelera el deterioro de las frutas y hortalizas.
- Aplicación de detergentes y productos sanitarios, cuyo uso debe ser en condiciones muy controladas para no afectar el producto.

En relación con estos últimos puntos, cabe mencionar que el empleo de detergentes y agua tibia facilita la operación de limpieza; sin embargo, algunos productos de limpieza pueden modificar alguna o algunas características de la materia prima. Existen modificaciones indeseables, por ejemplo:

Agente activo del producto de limpieza	*Efecto en la materia prima*
Hexametafosfato sódico:	reblandecimiento en chícharos
Algunos iones metálicos:	endurecimiento en frijoles y duraznos
Altas concentraciones de cloro activo:	oscurecimiento en papas

Por otro lado, con objeto de aumentar la eficiencia en el uso de agua, puede utilizarse en la inmersión el agua proveniente de la aspersión cuando el lavado por inmersión va seguido de otro método de lavado. En este caso, se logra además un recambio frecuente del agua de inmersión y, si ésta es clorada, resulta bastante adecuada para el propósito planteado.

El lavado por aspersión es el método de lavado más utilizado en la industria de frutas y hortalizas. Consiste en hacer pasar la materia prima a través de aspersores o duchas de agua a presión, lo que remueve eficientemente la suciedad y la arrastra con el agua, reduciendo la posibilidad de recontaminación. La eficiencia del lavado por aspersión depende de estos factores:

- *Presión del agua.* Cuanto mayor sea ésta, mayor será la eficiencia del lavado; sin embargo, algunas frutas y hortalizas delicadas o muy maduras pueden dañarse con una presión elevada, como ocurre con las fresas o los espárragos.
- *Temperatura del agua.* El agua caliente remueve más eficientemente la suciedad, pero puede afectar la textura de las frutas y hortalizas sometidas al lavado.
- *Otros factores* como el número de aspersores utilizados, la distancia entre la fruta u hortaliza y el aspersor, y el tiempo de exposición de éstas a la aspersión.

Existen diversos equipos para el lavado por aspersión de frutas y hortalizas. Los más comunes son el tambor rotatorio (para frutas y hortalizas resistentes) y las bandas transportadoras o cangilones perforados, que pueden contar con cepillos rotatorios para aumentar la eficacia de la operación. La figura 4.3 esquematiza un tambor rotatorio para lavado por aspersión y la figura 4.4 un lavado por aspersión con cepillos rotatorios.

Cuando la materia prima presenta gran cantidad de suciedad fuertemente adherida a la superficie, es común utilizar un sistema de lavado combinado que consiste en un lavado inicial por inmersión, que ablanda la suciedad, seguido de un lavado por aspersión, que la elimina. La figura 4.5 presenta un sistema combinado de lavado por inmersión-aspersión.

Otros métodos, como el lavado por flotación, tienen un uso más limitado y específico. En este caso, se aprovecha la diferencia de densidad entre la materia prima y los contaminantes, o bien entre la materia prima con diferentes características. Por ejemplo, se utiliza como lavado-selección por tamaño para champiñones y como lavado-clasificación para manzanas, ya que la fruta sobremadura, magullada o podrida se hunde y aquélla en buen estado flota. En la figura 4.6 se muestra este sistema.

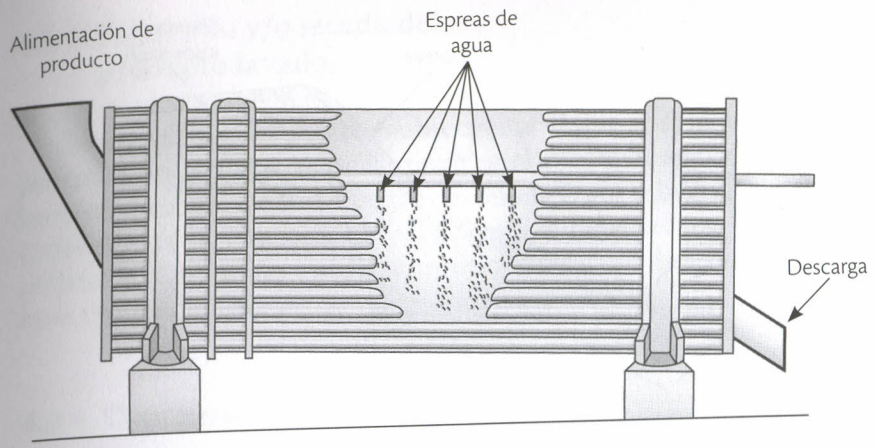


Figura 4.3. Tambor rotatorio para lavado por aspersión de frutas y hortalizas. (FUENTE: Joslyn y Heid, 1963.)

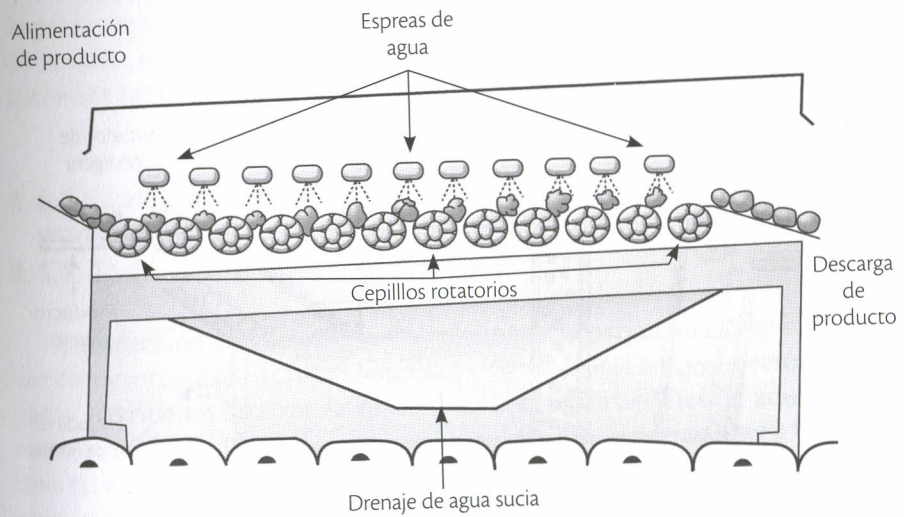


Figura 4.4. Lavadora por aspersión con cepillos rotatorios para frutas y hortalizas. (FUENTE: Peleg, 1985.)

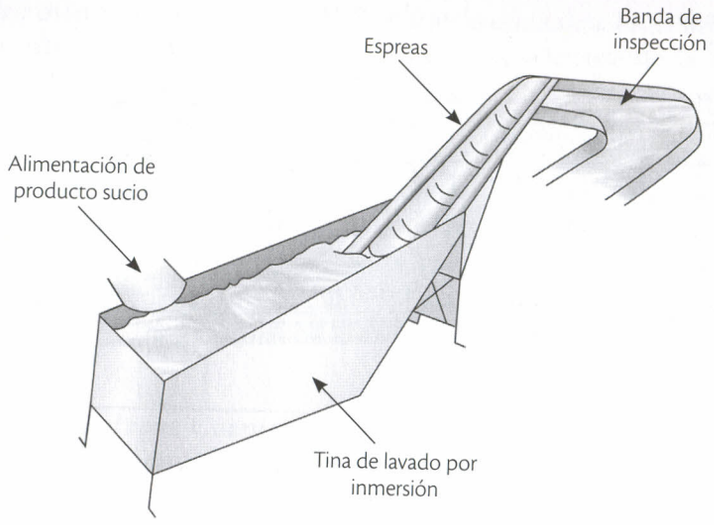


Figura 4.5. Sistema combinado de lavado por inmersión-aspersión para frutas y hortalizas.

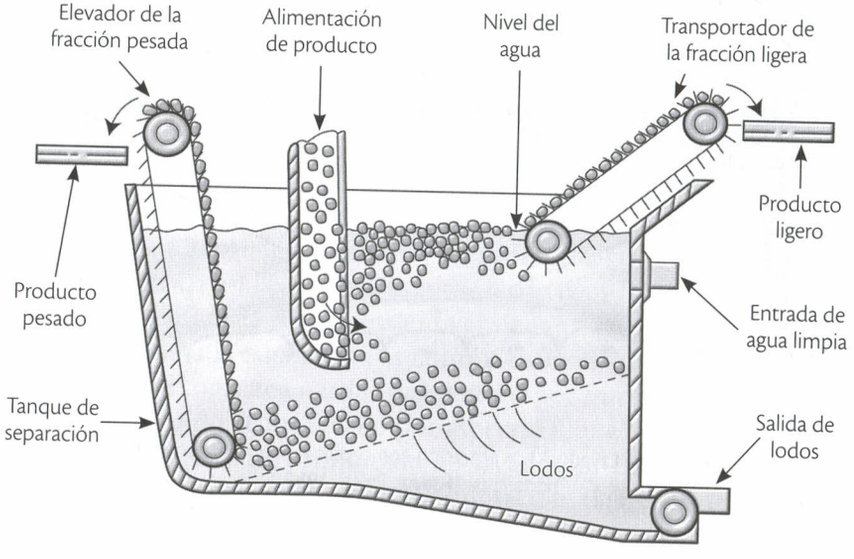


Figura 4.6. Lavado por flotación-selección y/o clasificación por densidad para frutas y hortalizas. (FUENTE: Peleg, 1985.)

4.3.3. Escurrido y/o secado del producto lavado

Dependiendo del proceso subsecuente al que se someterá la materia prima, en ocasiones se requiere escurrir el exceso de agua de la superficie lavada; en casos especiales, como cuando la fruta u hortaliza debe almacenarse para su posterior uso, la superficie debe secarse para evitar su pudrición. Con tal fin pueden emplearse tamices vibratorios, rodillos de hule espuma o sistemas de ventilación.

4.3.4. Combinación de métodos de limpieza

Como ya se ha mencionado, es común combinar diferentes métodos de limpieza. Estas combinaciones pueden incorporar métodos secos, por ejemplo, tamices seguidos de un sistema de aspiración y un separador magnético; métodos húmedos, por ejemplo, lavado por inmersión seguido de un lavado por aspersión y, al final, rodillos de hule espuma de secado; o bien puede tratarse de un sistema completo que combine métodos secos y después métodos húmedos.

4.4. SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

4.4.1. Definición

La selección consiste en separar la materia prima en categorías según sus características físicas: tamaño, forma y color. La clasificación, por su parte, estriba en separar la materia prima en categorías de acuerdo con su calidad, la cual se refiere al conjunto de atributos que hacen que estos insumos tengan las características visuales y de palatabilidad adecuadas para el producto o proceso al que serán destinados.

La selección y clasificación de frutas y hortalizas pueden llevarse a cabo más de una vez en un solo proceso. Así, por lo general se efectúa una selección después del lavado, pero antes de someter la materia prima a procesos de pelado, cortado, etc., sobre todo si éstos son mecanizados. Antes o después de la selección, se realiza una clasificación de la materia prima que se repite una o más veces durante diversas operaciones del proceso, por ejemplo: al concluir el lavado y cortado, o después del pelado y durante el llenado de envases.

4.4.2. Selección

La selección de la materia prima por sus características físicas es fundamental para lograr la eficiencia y control de los procesos y obtener productos finales uniformes y adecuados. Dicha selección permite:

- La posibilidad de aplicar operaciones mecánicas como pelado, corte, deshuesado, etcétera.
- El cálculo preciso de procesos que implican trasmisión de calor: escaldado, tratamiento térmico, deshidratación y congelación, entre otros.
- El adecuado acomodo y control de peso de las frutas y hortalizas dentro de los envases.
- La obtención de productos homogéneos, atractivos y de porciones uniformes.

Métodos de selección de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas pueden seleccionarse por diversos métodos según la característica física que se desee seleccionar. Estos métodos se basan en la selección por tamaño, por forma y por color.

Selección por tamaño

La selección por tamaño de frutas y hortalizas se hace mediante tamices, los cuales presentan aperturas fijas o aperturas variables.

a) **Tamiz de apertura fija.** Como su nombre lo indica, en estos sistemas los tamices tienen perforaciones de un tamaño y forma fijos y pueden ser vibratorios o rotatorios. Estos tamices sólo sirven para productos esféricos, semiesféricos o cilíndricos con baja humedad y que resistan la vibración o rotación, por lo que su uso en frutas y hortalizas se limita a unas cuantas especies: chícharos, cebollas, nueces, aceitunas, castañas y zanahorias. En la figura 4.7 se esquematiza un tamiz de apertura fija para la selección por tamaño de frutas y hortalizas.

b) **Tamiz de apertura variable.** Es probablemente el método de selección más habitual para procesar frutas y hortalizas. Se ocupan diferentes sistemas, como los que se describen a continuación:

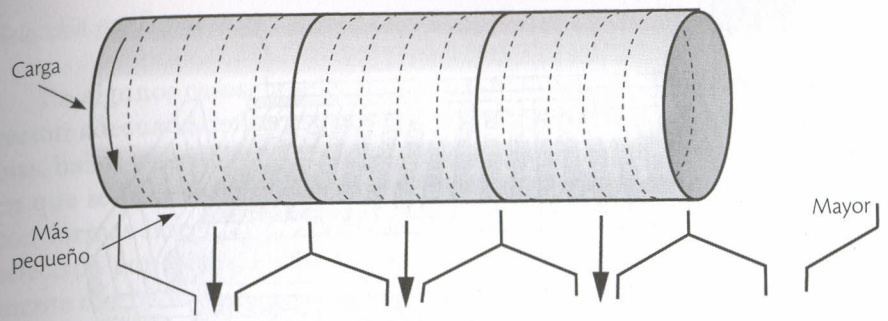


Figura 4.7. Tamiz rotatorio de apertura fija para la selección por tamaño de frutas y hortalizas. (FUENTE: Brennan *et al.*, 1980.)

- Seleccionadora de rodillos. Consiste en una serie de rodillos giratorios (los cuales pueden estar forrados de hule espuma u otro material plástico) con pendiente suficiente para permitir el desplazamiento de la fruta y hortaliza y con separaciones progresivamente mayores entre ellos. La materia prima se selecciona por su tamaño y va cayendo en canales acolchados, colocados a intervalos en la parte inferior de los rodillos. Este sistema es muy útil para diversas especies, como manzana, durazno, piña, guayaba, cítricos, melón, betabel, papa y zanahoria. El funcionamiento de este equipo se muestra en la figura 4.8.
- Seleccionadora de cables o cintas. En principio, estos sistemas son muy similares a los de rodillos, con la diferencia de que aquí se utilizan cables o cintas divergentes que en general se mueven a distinta velocidad una de la otra para facilitar el desplazamiento del producto. Estos equipos convienen en los siguientes casos: la seleccionadora de cables permite que las especies de forma no esférica se desplacen orientadas en una misma posición y, por tanto, se seleccionen según el tamaño de una misma parte de la fruta u hortaliza, por ejemplo, la pera; por otro lado, las seleccionadoras de cinta protegen los productos muy delicados que sufrirían deterioro en una seleccionadora de rodillos, por ejemplo, la papaya, el mango, la fruta muy madura, el jitomate, la col de Bruselas, etc. La figura 4.9 muestra el funcionamiento de una seleccionadora de cintas divergentes.

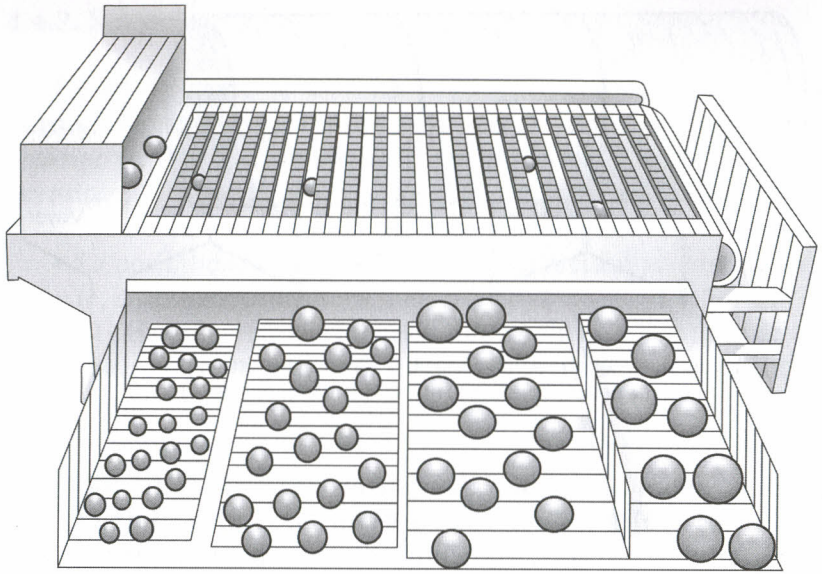


Figura 4.8. Seleccionadora por tamaño de rodillos para frutas y hortalizas. (FUENTE: Kerian Machines, *Catálogo de equipo.*)

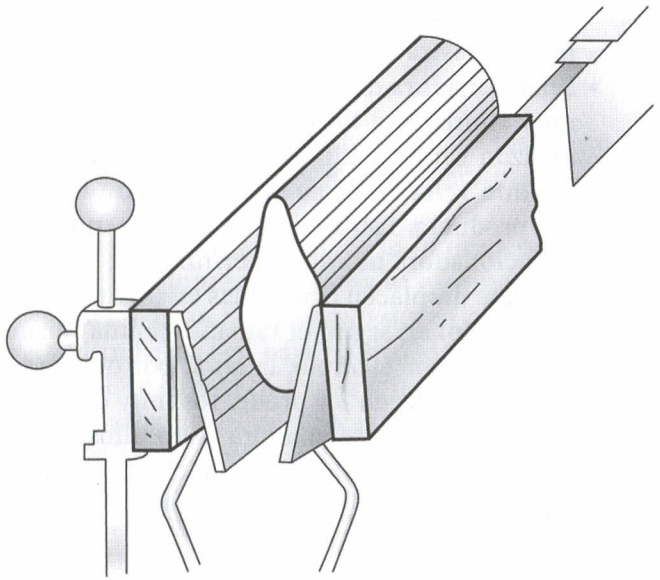


Figura 4.9. Seleccionadora por tamaño de cintas divergentes para frutas y hortalizas. (FUENTE: Peleg, 1985.)

Selección por forma

En algunos casos, la selección por tamaño no proporciona una separación adecuada de la materia prima. Así ocurre con ejotes, chiles, alubias, habas y cereales como trigo y otros, debido a que el diámetro mayor en que se basa la selección por tamaño no logra separar los productos con formas irregulares. Ante esto, lo más conveniente es efectuar una selección por forma. Dicha selección adopta diferentes sistemas generalmente diseñados para cada caso en particular. Los sistemas más utilizados son las seleccionadoras de disco y las de cilindros; ambas poseen, en la superficie seleccionadora, muescas u orificios de la forma adecuada al producto. En la figura 4.10 se muestra una seleccionadora por forma para ejotes.

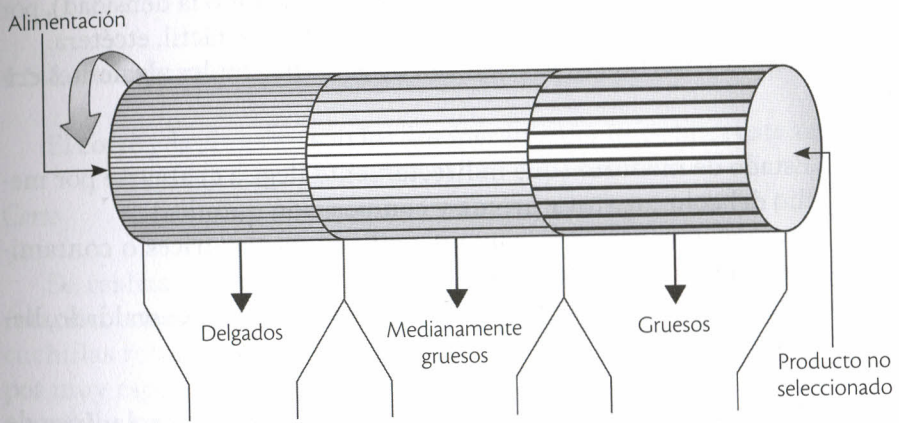


Figura 4.10. Seleccionadora por forma para ejote.

Selección por color

La medida de la reflectancia de una fruta u hortaliza es un indicativo de su color, el cual, a su vez, revela el estado de madurez de aquéllas, además de que también puede indicar la presencia de otros factores en la superficie del producto, como agujeros o daños. Las seleccionadoras por color funcionan, por lo tanto, con base en un barrido fotométrico de la superficie de cada fruta u hortaliza que pasa delante de una fotocélula. La señal de la fotocélula es equiparada con una señal estándar previamente ajustada. Cuando hay diferencia entre la medición de la superficie de una fruta u hortaliza y el estándar, se acciona un mecanismo neumá-

tico que separa dicha fruta u hortaliza. Aunque tiene un aceptable uso en papas, cebollas, cítricos y tomates, la selección es tan estricta que su empleo para seleccionar materia prima es limitado, por lo que presenta mayor aplicación en productos terminados como mermeladas y frutas en almíbar, en los que se utiliza para identificar procesos inadecuados.

4.4.3. Clasificación

Debido a que la clasificación pretende separar la materia prima en categorías de calidad, como se mencionó en el apartado 4.4.1, y la calidad implica un conjunto de atributos determinados, la clasificación es una operación que difícilmente puede efectuarse de manera mecánica. Sólo se practica en aquellos casos en que un atributo físico es capaz de relacionarse directa y adecuadamente con la calidad (como el color o la densidad), por lo que casi siempre se realiza en forma manual, visual, táctil, etcétera.

Las frutas y hortalizas se clasifican de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Estado de madurez (que indirectamente llega a evaluarse por medio del color, textura, aroma y composición química).
2. Presencia de defectos (como magulladuras, cicatrices o contaminación por microorganismos).
3. Eficiencia de operaciones del proceso (pelado, corte, escaldado, llenado de envases).

La clasificación puede ocurrir dos o más veces en una sola línea de proceso, por ejemplo:

- Al llegar la materia prima a la planta procesadora.
- Después del pelado y seccionado (en bandas transportadoras con movimiento lento).
- En el llenado de envases.

4.5. PELADO

El pelado consiste en la eliminación de la cáscara o piel de la materia prima, lo cual es deseable o necesario en la elaboración de diversos productos por una o varias de las siguientes razones:

a) Para lograr una presentación más atractiva de los productos, como es el caso de duraznos, peras, guayabas en almíbar, zanahorias y papas en salmuera.
b) Debido a que la cáscara es una parte incomestible, como sucede con la piña, mango, papaya, sandía, melón, cítricos, ajo y vaina de chícharo, entre otros.
c) Con objeto de evitar el paso de componentes indeseables presentes en la cáscara hacia el producto terminado, como los fenoles y el aceite esencial en cítricos, los pigmentos de manzana de piel roja, los plaguicidas, los contaminantes fuertemente adheridos, etcétera.

El pelado de frutas y hortalizas se hace básicamente mediante cuatro métodos: pelado mecánico, térmico, químico y manual.

4.5.1. Pelado mecánico

El corte y la abrasión son los dos mecanismos que aplica este método.

Corte

Se realiza fundamentalmente al presionar la fruta u hortaliza en rotación contra unas cuchillas fijas. También se utilizan equipos con cuchillas rotatorias y el producto fijo. Aunque existen diseños de equipos muy específicos para determinadas frutas y hortalizas (como piña y ejote), los equipos más usados se destinan para productos esféricos o semiesféricos (como manzana, durazno, guayaba, cítricos) y pueden tener adaptados cuchillas y dispositivos en forma de cuchara que en la misma operación pelan, parten en mitades y eliminan la semilla o hueso. Entre las principales ventajas de este tipo de pelado conviene mencionar que:

- No se destruye la piel o cáscara, por lo que puede emplearse como subproducto para la extracción de componentes, o bien como forraje.
- Es un sistema económico, ya que no utiliza agua, vapor, productos químicos, etcétera.

Entre sus desventajas se cuentan las siguientes:

- Si la fruta no presenta mucha uniformidad en tamaño y forma (por lo que requiere una previa y estricta selección), la operación será poco eficiente ya que eliminará pulpa en las piezas grandes y no efectuará un pelado adecuado en las pequeñas.
- El sistema tiene una versatilidad muy limitada.

Abrasión

En este sistema, la materia prima por pelar se pone en contacto con rodillos o cilindros giratorios con superficie de carborundo (material abrasivo a base de silicio y carbono). El contacto de esta superficie abrasiva rotatoria arranca la piel del producto por pelar y ésta, a su vez, se elimina mediante la aplicación de chorros de agua, que además evitan el calentamiento excesivo de la superficie del producto por la acción abrasiva. Este sistema sirve para el pelado de cebolla, ajo, betabel y papa, aunque en esta última puede presentarse un ligero oscurecimiento de la pulpa, ya que no puede escaldarse con anterioridad.

Su principal ventaja es el bajo costo de la operación, aunque presenta las siguientes desventajas:

- Si el tiempo de residencia de la fruta u hortaliza en el equipo no se controla adecuadamente, puede existir una alta pérdida de producto (hasta 25 %).
- La cáscara se desintegra, por lo que no puede utilizarse posteriormente.
- Debido a que la cáscara se retira con chorros de agua, se genera una gran cantidad de efluentes diluidos, cuya eliminación resulta cara y complicada.

4.5.2. Pelado térmico

Este tipo de pelado puede llevarse a cabo por diversos sistemas:

Pelado con vapor

En este sistema, la materia prima se somete por un tiempo corto (de 15 a 30 segundos) a una corriente de vapor vivo que resquebraja la piel y la vuelve fácilmente removible, mediante la aplicación de chorros de agua a presión, los cuales además enfrían el producto. Dado el corto

tiempo de exposición al vapor y su baja conductividad térmica, el calor no penetra al interior de la fruta u hortaliza, sino que se queda en la superficie, por lo que no afecta las características de la materia prima. Este sistema se adapta para el jitomate, zanahoria, remolacha, betabel y durazno maduro, entre otros.

Una variante de este sistema es usar agua caliente en lugar de vapor aprovechando la operación de pelado para efectuar simultáneamente un escaldado. Enseguida se enlistan las ventajas del pelado con vapor o con agua caliente:

- Pueden pelarse frutas u hortalizas con formas no regulares y tamaños no tan homogéneos.
- Es versátil (siempre y cuando la cáscara por eliminar sea delgada).
- Si el sistema es controlado adecuadamente, las pérdidas por este método son bajas (entre 8 y 20 %).

Entre las desventajas de este tipo de pelado destacan las siguientes:

- Si el tiempo de residencia en el equipo no se controla con exactitud, el producto podrá sufrir daños por calentamiento.
- Algunas cáscaras firmemente adheridas a la pulpa son difíciles de eliminar por este método.
- La cáscara se elimina en la corriente de agua, por lo que no permite su aprovechamiento ulterior.

Pelado por flama

Este método no puede utilizarse para la gran mayoría de frutas y hortalizas, pero es sumamente eficaz para el pelado de algunos productos, como pimientos, chiles, cebollas, etc. El producto se coloca en bandas transportadoras que pasan a través de hornillas, con flama directa (que alcanzan temperaturas de 400 °C o superiores). El producto debe girar durante su paso por la flama y los tiempos deben ser muy cortos para evitar el deterioro del producto. La piel se quema y se elimina con chorros de agua a presión. La ventaja de este pelado estriba en su alta eficacia para ciertos productos, pues produce mermas muy pequeñas, del orden de 10 %, pero sus desventajas son su baja versatilidad y la desintegración total de la cáscara, lo que impide un uso posterior de ella.

4.5.3. Pelado químico

Este sistema consiste en sumergir o asperjar la materia prima que se va a pelar en una solución diluida (2-20 %) de hidróxido de sodio (NaOH) a temperaturas cercanas a ebullición (95-100 °C) durante periodos cortos (2-8 min) y muy controlados. El hidróxido de sodio desintegra la piel, que se elimina posteriormente ya sea mediante agua a presión (método tradicional), o bien sin aplicación de agua mediante rodillos de goma (pelado químico en seco). En ocasiones, la fruta u hortaliza pelada con químicos se sumerge después en una solución de ácido (normalmente ácido cítrico) para neutralizar cualquier residuo cáustico. En caso de que la cáscara posea en su superficie una capa gruesa de cera (como ocurre con la manzana), la materia prima se somete, antes de la aplicación de la sosa, a la acción de agentes surfactantes que faciliten la penetración de aquélla a la cáscara.

El pelado químico es muy utilizado para una gran diversidad de frutas y hortalizas, como durazno, manzana, pera, guayaba, segmentos de toronja, papas, zanahorias, betabel, etc., lo cual requiere, para cada caso, una concentración de hidróxido de sodio y un tiempo de exposición específicos, como se ilustra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Condiciones para el pelado químico de algunas frutas y hortalizas.

Producto	*Concentración de NaOH (%)*	*Tiempo (min)*	*Temperatura (°C)*
Durazno	2-4	1-2	95
Manzana	6	3-4	95
Pera	1	1-2	95
Betabel	7	3-4	95

Existen en el mercado diversos diseños de equipos para efectuar el pelado químico, ya sea de manera *batch*, o bien en forma continua, eficiente y controlada. Algunos de estos diseños se muestran en las figuras 4.11 y 4.12.

Entre las principales ventajas del pelado químico se encuentran las siguientes:

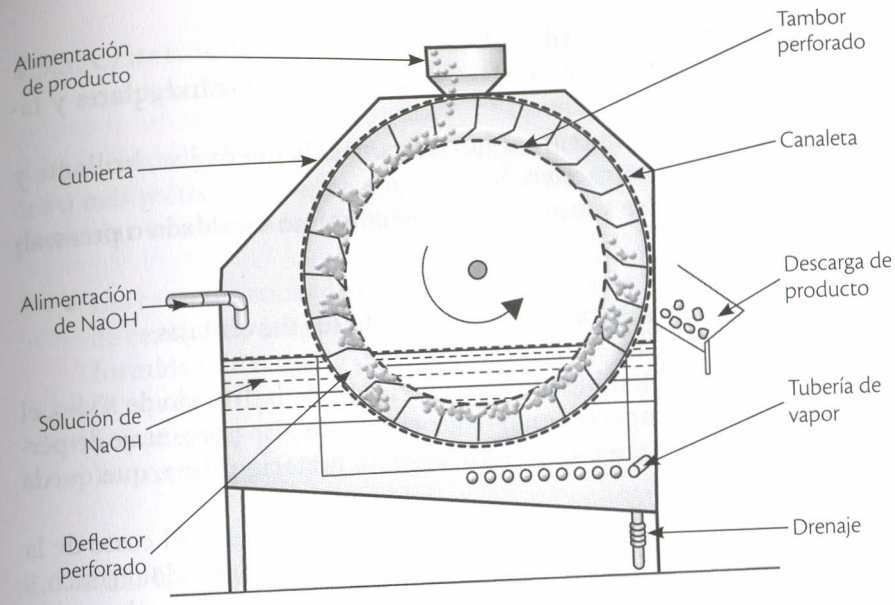


Figura 4.11. Peladora rotatoria con hidróxido de sodio para frutas y hortalizas. (FUENTE: López, 1981.)

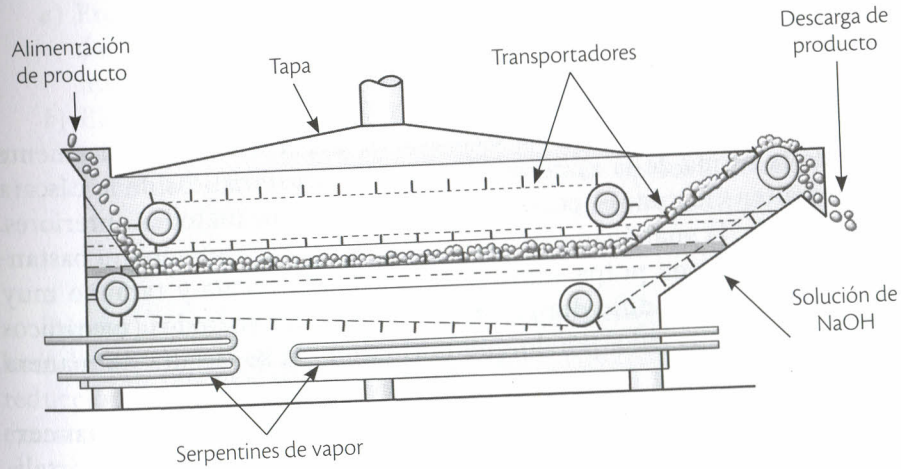


Figura 4.12. Peladora de banda con hidróxido de sodio para frutas y hortalizas. (FUENTE: Joslyn y Heid, 1963.)

- Es sumamente versátil.
- Puede utilizarse en materias primas con formas irregulares y tamaños poco homogéneos.
- La superficie de la fruta u hortaliza pelada queda lisa, brillante y con un aspecto atractivo.
- Puede emplearse simultáneamente como un escaldado o preescaldado.

A continuación se mencionan algunas de sus desventajas:

- Si no se controlan bien la concentración de hidróxido de sodio, el tiempo y la temperatura, puede ocurrir un alto porcentaje de pérdidas y deteriorarse la superficie de la materia prima, que queda áspera o picada.
- El empleo del hidróxido de sodio eleva ligeramente el costo de la operación en comparación con otros métodos de pelado térmico.
- La cáscara es desintegrada y contaminada por la sosa, por lo que no puede ser utilizada posteriormente.
- La eliminación de efluentes que contienen hidróxido de sodio es difícil y costosa ya que requiere un tratamiento previo a su desecho, para evitar o reducir el daño ecológico.

4.5.4. Pelado manual

También se le denomina *mondado*. Se recurre a éste básicamente cuando la forma de la materia prima o las características de la cáscara no permiten efectuar el pelado por ninguno de los métodos anteriores. Por ejemplo, la guanábana en estado maduro posee una cáscara bastante quebradiza, una pulpa suave y porosa y una forma y tamaño muy heterogéneos. Esto dificulta la aplicación de otros métodos (mecánicos o químicos) de pelado, por lo que normalmente se ejecuta de manera manual.

Se ha desarrollado una serie de cuchillos y accesorios de formas curvas o esféricas para realizar el pelado manual de algunas frutas y hortalizas específicas (como el mango y el plátano). Sin embargo, el pelado manual es un procedimiento costoso, por lo elevado del tiempo y personal requerido y, en ocasiones, por las altas pérdidas de producto.

4.5.5. Criterios de selección de métodos de pelado

La gran mayoría de las frutas y hortalizas pueden ser peladas por dos o más métodos. La selección del método de pelado para cada caso en particular va a depender de factores como:

- Las características de la piel, tales como grosor, dureza y presencia de ceras; y de la materia prima en sí con relación a su forma y uniformidad de tamaño y forma.
- El equipo de pelado disponible y el costo de cada método.
- Las pérdidas provocadas por cada método.
- La conveniencia de la utilización posterior de la cáscara.

4.6. REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Para obtener diversos productos de frutas y hortalizas, es necesario reducir el tamaño del producto original, por una o varias de las siguientes razones:

a) Presentación del producto, como sería el caso de mitades, rebanadas o segmentos de fruta en almíbar; cubitos, tiras o rodajas de hortalizas en salmuera, encurtidas o congeladas, etcétera.
b) Elaboración de productos específicos, como purés, néctares, jugos y bebidas, entre otros.
c) Facilidad y/o aumento en la eficiencia de operaciones de procesamiento, como escaldado, tratamiento térmico, deshidratación y congelación.

Por su alto contenido de humedad, la gran mayoría de las frutas y hortalizas pertenecen al grupo de alimentos fibrosos, para los cuales la reducción de tamaño puede efectuarse por medio de corte, despulpado o extracción de pulpa, y extracción de jugo.

4.6.1. Corte

El corte puede implicar la eliminación de pedúnculos como en la fresa y la uva; la eliminación de hojas o tallos, como en el apio y la es-

pinaca respectivamente; la eliminación de puntas, como en el ejote, la zanahoria y el pepino; pequeñas incisiones en la piel, como en el mango; y rebanado, corte en tiras, cubos, escamas, etc., de la materia prima en sí. Para este último caso, se emplean máquinas cortadoras o rebanadoras que consisten, ante todo, en una serie de cuchillas rotatorias que cortan el alimento que circula debajo de ellas. Generalmente se usan rebanadoras "universales", que pueden adaptarse a diversos productos, espesores de corte y dirección de éste, lo que permite obtener una gran variedad de cortes con un solo equipo. La figura 4.13 muestra el esquema de funcionamiento de este tipo de rebanadoras.

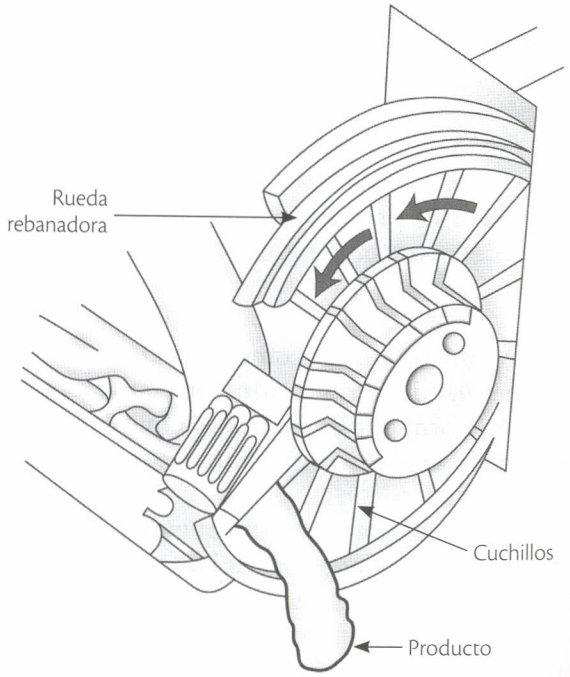


Figura 4.13. Esquema de funcionamiento de una rebanadora para frutas y verduras. (FUENTE: Urshel Laboratories, 1996.)

En las frutas que poseen hueso, semillas o corazón que deben eli
narse, es posible aprovechar la operación de corte adaptando al equ
un dispositivo tipo cucharilla que retire el hueso o las semillas al mis
tiempo del corte (por ejemplo, en mitades). Este sistema se utiliza p
obtener mitades deshuesadas de durazno, pera, manzana y guayaba.

En algunos casos, cuando se efectúa un pelado mecánico, el mismo equipo puede realizar el pelado, el corte en mitades y la extracción de la semilla o hueso, como ocurre con la manzana, la guayaba y la pera. Otro tipo de equipos sólo corta la fruta en mitades y extrae el hueso, antes o después del pelado, como en el caso del durazno.

Debido a las características químicas y estructurales (humedad, contenido de fibra) de las frutas y hortalizas, durante la operación de corte puede provocarse aplastamiento, deformación o reblandecimiento del producto, así como pérdidas importantes de jugo, aun con equipos bien diseñados y cuchillas muy afiladas, lo cual origina mermas de materia prima y reducción de la eficacia del proceso, por lo que debe seleccionarse con cuidado tanto el equipo de corte como el estado de madurez y las características de la materia prima, a efectos de que soporte el proceso.

4.6.2 Despulpado o extracción de pulpa

4.7. ESCALDADO

Es una operación que consiste en sumergir la materia prima en agua caliente (de 85 a 98 °C) o bien exponerla al vapor vivo. Debe existir un control preciso de temperatura y tiempo. Los objetivos que se persiguen con el escaldado no son siempre los mismos y varían de acuerdo con el estado de madurez y el tipo de fruta u hortaliza. Así, el escaldado se realiza por una o más de las siguientes razones:

1. Inhibición de la acción enzimática. Al inactivarse las enzimas del producto, se permite que las reacciones oxidativas y otras de tipo químico también se inhiban, lo que contribuye a la obtención de un producto de mayor calidad y valor nutricional, dado que se evitan cambios indeseables en el color y el sabor natural, así como la reducción en el contenido de ciertas vitaminas. En este contexto, el principal objetivo del escaldado es inactivar enzimas como la polifenoloxidasa, que produce oscurecimiento enzimático, así como la catalasa y la peroxidasa, que catalizan la reacción de oxidación de pigmentos, lípidos y vitaminas. Cabe señalar que los vegetales verdes sin escaldar o mal escaldados desarrollan un color verde grisáceo, además de un olor y un sabor desagradables durante el almacenamiento.
2. Expulsión de gases de respiración. Las frutas y hortalizas contienen O_2 y CO_2 en cantidades menores que las del aire; con el escaldado se provoca la liberación de éstos, lo cual:

   - Evita o reduce la tensión o esfuerzo sobre los sellos de la lata durante el proceso térmico y favorece el desarrollo de un mayor vacío en el producto terminado.
   - Reduce la corrosión interna de envases y/o tapas metálicas.

3. Suavización del alimento. El producto se vuelve más manejable para el llenado de la lata, por lo que se obtienen mayores pesos drenados.
4. Facilitación de operaciones preliminares. El pelado, el cortado (cubos o rebanado), la extracción de pulpa y otros pasos preparatorios se realizan más fácil y eficientemente en algunos tipos de frutas y hortalizas.
5. Fijación del color natural de ciertos productos. El escaldado puede o no ayudar a la retención del color verde en algunas hortalizas, lo cual depende del producto, la temperatura y el método de preservación utilizado después del escaldado.
6. Remoción de sabores y olores no deseables de la materia prima.
7. Adición de limpieza al producto.

4.7.1. Métodos de escaldado

Escaldado con agua caliente. Esta forma de escaldado es muy eficiente y uniforme ya que el proceso puede controlarse adecuadamente. La principal desventaja es el gran volumen de agua requerido para el contacto directo con el producto, lo que a su vez ocasiona la lixiviación de ácidos, vitaminas y minerales importantes para la nutrición humana. Por otro lado, las aguas residuales quedan con niveles altos de materia orgánica.

Escaldado por vapor. Con este método se tiene la ventaja de que los productos retienen su contenido nutritivo. La principal desventaja consiste en que resulta menos eficiente ya que se requieren mayores tiempos para la inactivación enzimática, es más difícil controlar el tiempo y la temperatura, y el producto puede dañarse. Los escaldadores de vapor continuo son mecánicamente más complejos que los de agua caliente ya que, mediante un transportador de banda o cadena, mueven continuamente el producto de un tanque que contiene vapor vivo. La selección del método utilizado estará en función de la disponibilidad de agua o de la facilidad para la producción de vapor, así como del equipo disponible.

Escaldado químico. Se utiliza cuando los dos métodos anteriores provocan daños graves al producto (como en la fresa y el higo). Se realiza mediante la aplicación de dióxido de azufre, sulfitos, bisulfitos o metabisulfitos, los cuales reaccionan con compuestos fenólicos que inactivan enzimas.

Algunos ejemplos de métodos y condiciones de escaldado de frutas y hortalizas se ilustran en el cuadro 4.1.

4.7.2. Determinación o control del escaldado

Debido a que la peroxidasa es una enzima muy termorresistente y que se encuentra en casi todas las frutas y hortalizas, se considera que, si durante el escaldado esta enzima se ha inactivado, también se habrá in-

Cuadro 4.1. Métodos de escaldado aplicados en algunos productos vegetales.

Producto	*Método de escaldado*	*Tiempo (de acuerdo con el estado de madurez)*	*Temperatura* (°C)	*Observaciones*
Chícharo	Agua caliente	1-5 min	Usualmente en ebullición	Remueve olores y sabores. Fija el color. El agua dura (Ca, Mg) endurece y produce correosidad en el producto.
Espárrago	Agua caliente Vapor vivo	3-5 min 1.5-3 min	95-100 110	Elimina olores fuertes. Facilita el llenado de envases.
Ejote	Agua caliente	1.5-2 min	85	Remueve olores. Facilita el llenado y control de peso.
Espinaca	Agua caliente	6 min	80	Fija el color. Inactiva clorofilasa. El tamaño de las hojas indica el grado de desarrollo, que influye en el tiempo.
Camote o betabel	Vapor vivo	1-3 min	110	Inactiva enzimas. Facilita el pelado.
Chile o pimiento	Agua caliente Vapor vivo Flama directa	5 min 1-4 min 1-4 min	100 110-115 >115	Facilita el llenado.
Tomate	Agua caliente Vapor vivo	1-2 min	95 110	Elimina aire. Agrieta y afloja la piel.
Durazno	Agua caliente Vapor vivo	1-2 min	80 110	Evita oscurecimiento. Facilita la extracción de la pulpa.
Manzana	Vapor vivo	1-2 min	100	Evita oscurecimiento. Elimina aire. Facilita la extracción de la pulpa.

activado el resto de las enzimas capaces de provocar problemas durante el procesamiento.

Una prueba muy sencilla para determinar si el escaldado se ha realizado de manera correcta es mediante un indicador como el guayacol, el cual al oxidarse adquiere un color rojo, que en el caso de una muestra mal escaldada indicaría que la enzima aún está activa.

$$\underset{\text{(aceptor } O_2\text{)}}{\text{Guayacol}} + H_2O_2 \rightarrow \underset{\text{peroxidasa (rojo)}}{\text{guayacol oxidado}} + H_2O + O_2$$

De manera resumida, el procedimiento consiste en:

Muestra
↓
Inmersión en H_2O caliente a diferentes temperaturas
↓
adición de H_2O_2 + guayacol

si hay cambio de color ↓ peroxidasa activa

si no hay cambio de color ↓ peroxidasa inactiva